

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-064791

(43)Date of publication of application : 08.03.1996

(51)Int.Cl.

H01L 27/12
H01L 21/205
H01L 33/00
H01S 3/18

(21)Application number : 06-198305

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 23.08.1994

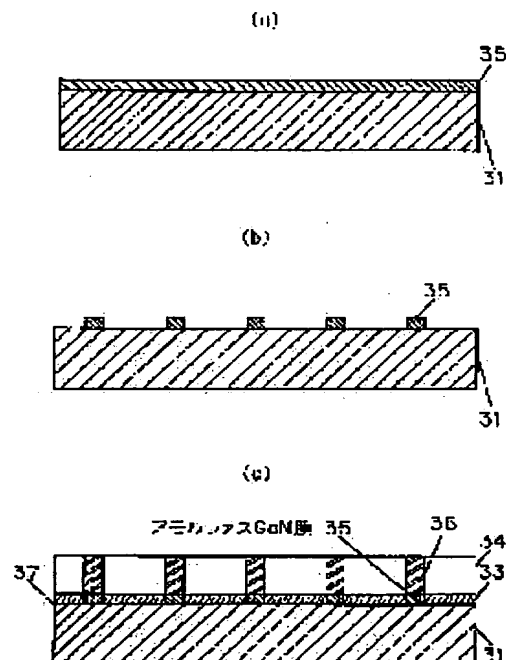
(72)Inventor : TAKAMORI AKIRA
MANNOU MASAYA
ONAKA SEIJI

(54) EPITAXIAL GROWTH METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a lattice non-matching epitaxial growth method of obtaining an epitaxial growth layer which has a low dislocation density, high quality, and is suitable for manufacturing a semiconductor light emitting device such as a light emitting diode, a laser diode or the like.

CONSTITUTION: An amorphous GaN film 35 is grown on a sapphire substrate 31 in an initial crystal growth stage. The amorphous GaN film 35 is formed into stripes by etching. A GaN film 34 is epitaxially grown on the amorphous GaN film 35 in a second crystal growth stage. By this setup, lattice defects or dislocations are concentrated in a specific region 36, so that the active region of a required semiconductor light emitting device is capable of lessening relatively in defect density.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.08.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本特許庁 (J P) (22) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-64791

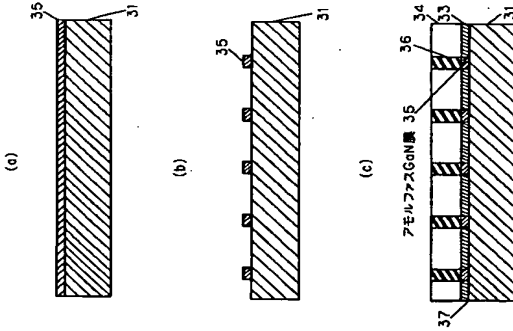
(43) 公開日 平成8年(1996)3月8日

(51) Int. Cl.	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 27/12	S	21/206		
33/00	C			
H 01 S 3/18				
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 5 頁)				

(21) 出願番号	特開平8-198305	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成6年(1994)8月23日	(72) 発明者	高森 晃 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	高瀬 正也 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	大仲 清可 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 小堀 明 (特2名)

(54) 【発明の名称】 エピタキシャル成長方法

(57) 【要約】
【目的】 格子不整合系のエピタキシャル成長において、転位密度が少なく発光ダイオードやレーザダイオード等の半導体発光素子の作製に適した高品質のエピタキシャル成長層を得るためのエピタキシャル成長方法を提案する。
【構成】 最初の結晶成長で、サファイア基板31上にアモルファス状のGa₂N膜35を成長させる。アモルファスGa₂N膜35をストライプ状にエッチングする。2回目の結晶成長で、前記アモルファスGa₂N膜35の上には、Ga₂N膜34をエピタキシャル成長させる。これにより格子欠陥や転位は、特定の領域36に集中し、所望の半導体発光素子の活性領域での欠陥密度を相対的に低減できる。



(2) 特開平8-64791

【特許請求の範囲】
【請求項1】 基板と前記基板上に成長するエピタキシャル層とが格子不整合である系のエピタキシャル成長において、前記基板とエピタキシャル成長層の格子不整合により発生する転位を特定の場所に集中させることを特徴とするエピタキシャル成長方法。
【請求項2】 基板表面上の所定の位置に、前記基板上に成長するエピタキシャル成長層と同じ組成のアモルファス層をあらかじめ成長していることを特徴とする請求項1に記載のエピタキシャル成長方法。
【請求項3】 サファイア基板上にGa₂N層をエピタキシャル成長する方法であって、前記基板とエピタキシャル層の間に、Ga₂Nのアモルファス層を成長していることを特徴とするエピタキシャル成長方法。
【請求項4】 アモルファス層の代わりに、SiO₂またはSi₃N₄膜を、前記基板表面上の所定の位置に成長していることを特徴とする請求項3に記載のエピタキシャル成長方法。
【請求項5】 基板表面上の所定の部分が、ストライプ形状で特定の方位に付着していることを特徴とする請求項2-4のいずれかに記載のエピタキシャル成長方法。
【請求項6】 基板上にエピタキシャル層を成長中に、前記基板に歪みを加えることを特徴とする請求項1または3に記載のエピタキシャル成長方法。
【発明の詳細な説明】
【0001】
【産業上の利用分野】 本発明は、サファイア基板上への窒化ガリウム系化合物半導体のエピタキシャル成長に代わられる格子不整合系のエピタキシャル成長方法に関する。
【0002】
【従来の技術】 Ga₂N等のIII-V族ナイトライド系化合物エピタキシャル層を用いた半導体発光素子の課題はGa₂N/Al₂O₃基板結晶が容易に作成できず、代替基板として使え、Ga₂Nに格子定数が近いAl₂O₃結晶が得られない。従来は、代替結晶基板として、α-Al₂O₃ (サファイア)、SiC、Si、GaAsなどが用いられ、主としてMOCVD (有機金属気相成長法) あるいはPLD (パルスレーザー蒸着法) で作製されている。α-Al₂O₃ (サファイア) の(0001) C面がGa₂Nの格子定数に近いものも広く用いられているものの、13.8%という極めて大きな格子不整合を持ち、成長中に結晶格子に加わるひずみ応力によるミスフィット転位(以下、単に転位と呼ぶ)が発生しやすい、高品質のエピタキシャル成長層が得られないという問題がある。
【0003】
【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術によれば、サファイア基板上にGa₂Nを成長する場合、まず6

角柱状のGa₂Nの3次元成長が起こり、はじめは小さな六角柱状の結晶が次第に成長、結合、消滅を繰り返してより大きな結晶に成長する過程が一般的に考えられている。しかし、この過程で、基板との界面で発生する歪み応力の一部は緩和されるが、なお高密度の転位がエピタキシャル層内を成長方向(0001)に沿って生成・成長し、高品質のエピタキシャル層の成長を行うことができなかった。
【0004】 本発明は、転位などの格子欠陥が少なく、良質なエピタキシャル成長層を備えた発光ダイオードやレーザダイオード等の半導体発光素子の作製に適した半導体結晶成長方法を提案することにある。
【0005】
【課題を解決するための手段】 本発明の骨子は、サファイア基板上にGa₂Nを成長する場合に代表される格子不整合系のエピタキシャル成長において、発生する格子欠陥、転位の発生を特定の領域に集中させて、所望の半導体発光素子の活性領域での欠陥密度を相対的に低減することにより、従来の成長法よりも高品質の半導体発光素子を提供することにある。
【0006】
【作用】 従来の方法では、基板との界面で格子歪みによって局所的にランダムに発生した欠陥は転位となつて、エピタキシャル層の成長が進行するに従い、成長方向と同じ方向に旋行しながら結晶中に伝播し、成長後のエピタキシャル層の面内で均一な密度で生成される。
【0007】 発生した転位は、結晶成長中でも応力によって運動することが知られている。転位を移動させるのに必要な外部応力は非常に小さく、おそらく10⁶dyn/cm²以下であると言われており、基板結晶に外部応力を加えると容易に転位の運動を促進することができる。
【0008】 転位は一般に成長方向に伸びるが、面内方向に応力が加わると転位の面内方向の運動成分が大きくなる。外部応力によって一旦、基板上にパターンニングされたアモルファス層上に成長されたエピタキシャル層に達すると、転位の運動は止る。アモルファス層上に成長されたエピタキシャル層はやはりアモルファスに近い状態であるため、結晶部分に比べて外部応力が加わりやすいために、そこに達した転位はその領域からさらに運動することはない。
【0009】 通常転位は、結晶の内部で現れることはなく、必ずループを作るか、結晶成長中に基板のエッジ部分に到達する。閉ループを形成した場合はエピタキシャル層上部部へは伝播しない。転位がエッジ部分に到達した場合は転位は消滅し、転位密度が低減する。
【0010】 金属材料の場合でも、熱サイクルによって転位の運動を促進し、自由表面に達することによる転位の低減がよく行われている。本発明の原理は上記作用に基づく。すなわち、基板上の特定部分にアモルファス層または欠陥密度のきわめて大きい結晶が積層されるよ

うにし、欠陥、転位を集中させて、転位の閉ループを作
るか、基板エッジと同等の役割を持たせることと所望の
領域のエピタキシャル層の転位密度を低減するものであ
る。

【0011】
【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明
する。

【0012】図1は本発明の一実施例で用いられる成長
装置の断面概略図である。図中11は石英製の反応管で、
この反応管11内にはガス導入口12から原料ガスが導入さ
れる。反応管11内にはカーボン製のサセプタ13が設置さ
れており、試料基板14はこのサセプタ13上面に設置され
る。サセプタはエピタキシャル層の組成および圧力の面
内均一性を得るために、回転機構を備えている。反応管
の周囲に配置された加熱コイル15によってサセプタ13に
誘導加熱される。サセプタ内に配置された熱伝導16によ
って基板加熱温度のモニタおよび制御ができるようになっ
ている。ガス排出口17は真空ポンプ18に接続されてお
り、反応管内の圧力調節およびガスの排気ができるよう
になっている。

【0013】つぎに本発明の主要部分となる試料基板に
成長中に近みを与えるためのサセプタの機構について説
明する。基板底部に接触するサセプタの中心部には電磁
コイル19により上下運動する振動子20が配置されてお
り、基板を押し上げるような動きをすることと、振動子が動
えらるようになっている。その際、試料基板全体が動
かないように基板四辺部にはモリブデンで作られたリング
状の基板ホルダー21によって固定されている。

【0014】次に、上記装置を用いた結晶成長方法につ
いて説明する。まず、有機溶剤、塩酸系の薬品処理およ
び純水洗浄により表面を清浄化した面方位 (0001) の α -
 Al_2O_3 (サファイア) 基板14を上至サセプタ13上に
設置し、基板ホルダー21によって固定する。ガス導入口
12から精製装置を通した高純度の水素ガスを導入し、反
応管11内の大気置換する。数分間水素ガスを導入した
後に真空ポンプ18を動作させ管内の圧力を10 Torrに保
つ。圧力が安定したところで高周波コイル15によって
サセプタを誘導加熱し、試料基板14の温度が200℃に達
してから約10分間保持し基板表面の清浄化を行う。次い
で基板温度を400℃に昇温してから原料ガスをあるTM
G (トリメチルガリウム) および NH_3 (アンモニア)
をガス導入口12から導入しアルモファス状のGa N膜を
成長1.1 μm になるまで堆積させる。このとき、基板温度
が通常の成長条件に比べて低いため NH_3 の分解効率が
低いことを考慮して、 NH_3 とTMGの流量比は1000:
1とする。このとき成長速度が上記温度よりも高いと、3
次元成長すなわち6角柱状の島状成長がおこり、均一な
アルモファス状のGa N膜が得られない。

【0015】堆積後は基板温度が下がってから、一旦試
料基板を反応管11から取り出し、フォトリソグラフィ

工程により図2に示すように、サファイア基板のR面に
直交する方向にストライプ状にGa N堆積膜を露す。ス
トライプの幅および間隔はそれぞれ5 μm および50 μm と
する。充分な純水洗浄の後、再び試料基板を反応管11内
に戻し、今度は水素ガスの代わりに NH_3 ガスを流しな
がら、上述の要領で試料基板14の温度が1100℃になるま
で加熱し、試料基板表面の清浄化を行う。

【0016】次いで、TMGおよび NH_3 をガス導入口
2から導入し通常の2段階成長法でGa N膜をエピタキシ
ヤル成長させる。すなわち基板温度を600℃まで下げ、
0.05 μm の膜厚までは3次元成長すなわち6角柱状の島状
成長が促進されるようにし、その後基板温度を1050℃に
上げて続けて膜厚が5.0 μm となるエピタキシャル成長を
行う。このとき NH_3 とTMGの流量比は300:1であ
る。これをわかりやすく説明したのが図2である。

【0017】図2 (a) に示すように、最初の結晶成長
でサファイア基板31上にアルモファス状のGa N膜3
5を成長させ、そして (b) に示すように、アルモファ
スGa N膜35をストライプ状に加工する。次に、2回
目の結晶成長で、前記アルモファスGa N膜35の上
に、Ga N膜34をエピタキシャル成長させる (c)。
これにより格子欠陥や転位は、特定の領域36に集中
し、所望の半導体素子の活性領域での欠陥密度を相
対的に低減できるというものである。

【0018】以上のような方法により得られる、Ga N
エピタキシャル層の結晶品質について述べる。

【0019】図3は、従来の2段階成長法により、面方
位 (0001) の α - Al_2O_3 (サファイア) 基板31上に成
長した厚さ5 μm のGa Nエピタキシャル膜33、34断面
の透過電子顕微鏡像から得られた転位の分布を示してい
る。基板31との界面37から格子不整合による歪みが原因
で一様に発生した転位32はエピタキシャル成長方向に蛇
行しながらエピタキシャル層表面に延びている。図中、
途中から見えている、あるいは途中で消えている転位
は、断面に垂直な方向に転位が延びているために透過電
子顕微鏡の視野から外れて見えていない。転位が消滅して
いるわけではなく、透過電子顕微鏡像から転位密度を見
積もとると、10⁶/cm²以下の転位に発生し、格子歪
み系のエピタキシャル成長であるGa As 基板31上のGa
AsやAlGaAsのエピタキシャル成長における転位
の発生密度に比べると6桁から7桁も多くなる。

【0020】一方、本実施例によるところのGa Nエビ
タキシャル層断面の透過電子顕微鏡像から得られた転位
の分布を図4に示す。厚さ3 μm までにかんがりの転位がス
トライプ状に形成されたアルモファス状のGa N膜35の
上の結晶欠陥の集中した部分38に達していることがわか
る。ストライプの中央部分の転位密度は10⁶/cm²以下で
あった。図3の従来例に比べきわめて結晶性の優れたG
a N膜が得られていることがわかる。

【0021】また基板結晶に成長中に歪みを加えた場合

の実施例について述べる。2段階目の成長時に電磁コイ
ル19を動作し、振動子20を上下運動させて試料基板に外
部応力を加えた。上下運動のストロークは直径2インチ
の試料基板を用いる場合1mmとする。また、振動の周周
は成長速度により異なるが、数分間分の成長毎に振動
するように設定する。この場合も同様の効果が得られた
が、基板との界面37から発生した転位は2段階目のエビ
タキシャル膜34の初めから転位が急速に面内方向に延び
ており、外部応力を加えない場合よりも、転位の運動が
速く、より効果的にアルモファス状のGa N膜35の上の
結晶欠陥部へ集中することがわかる。

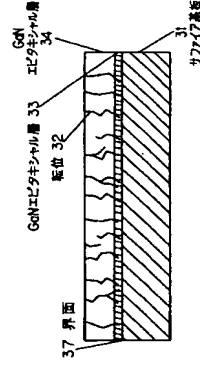
【0022】本実施例では、アルモファス状のGa N膜
のストライプを基板上に形成したが、 SiO_2 などの酸
化膜を用いても同様の効果が得られる。図5は厚さ0.
1 μm の SiO_2 膜38でストライプを形成した基板上に、
Ga N膜の選択成長を行った場合の断面の転位分布を示
す。上述した実施例と同様の効果が得られることがわか
る。

【0023】また、本実施例は、面方位 (0001) の α -
 Al_2O_3 (サファイア) 基板31上のGa Nエピタキシ
ヤル成長について述べたが、本発明はこの実施例方法に限
定されるのではなく、その他あらゆる格子不整合系の
エピタキシャル成長において実施でき、同様の効果を得
られるものである。

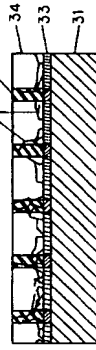
【0024】以上より、本発明による方法が格子不整合
系のエピタキシャル成長において転位密度の少ない高品
質のエピタキシャル層を得るのに十分有効であること
が、実施できる。

【0025】
【発明の効果】以上、詳述したように本発明によれば、
格子不整合系のエピタキシャル成長において、発生する
格子欠陥、転位の発生を特定の領域に集中させて、所望
の領域での転位密度を低減することができ、半導
体レーザなど高品質の結晶性を要求される半導体素子

【図3】



【図4】



子の作製が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例におけるエピタキシャル成長装
置の断面概略図

【図2】本発明の実施例におけるサファイア基板成長結晶の
表面上にストライプ状にアルモファスGa N膜を形成す
る工程とその基板上にエピタキシャル成長する工程を説
明するための断面概略図

【図3】従来例におけるサファイア基板に成長したGa
Nエピタキシャル層断面の転位の分布図

【図4】本発明の実施例におけるサファイア基板に成長
したGa Nエピタキシャル層断面の転位の分布図

【図5】本発明の別の実施例におけるサファイア基板に
成長したGa Nエピタキシャル層断面の転位の分布図

【符号の説明】

11 反応管
12 ガス導入口
13 カーボンサセプタ

14 試料基板
15 高周波コイル

16 熱伝導
17 ガス排出口

18 真空ポンプ
19 電磁コイル

20 振動子
21 基板ホルダー

31 サファイア基板
32 転位

33 Ga Nエピタキシャル層 (一段階目)

34 Ga Nエピタキシャル層 (二段階目)

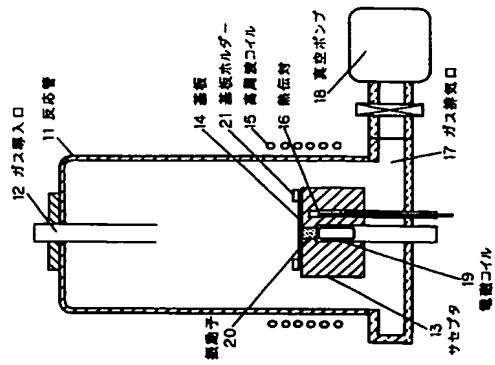
35 アルモファスGa N

36 結晶欠陥の集中したGa Nエピタキシャル層

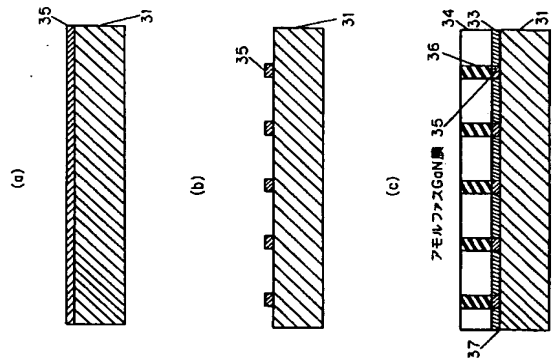
37 基板とエピタキシャル成長層との界面

38 SiO_2 膜

【図1】



【図2】



【図5】

